



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# ÖLJYN TALTEENOTTOJÄRJESTELMÄ

Teppo Lipponen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaation suuntautumispolku



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatio

LIPPONEN TEPPO  
Öljyn talteenottojärjestelmä

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 18 sivua  
Huhtikuu 2016

---

Laadun varmistaminen ja tuotteiden toimivuus ovat tärkeässä osassa, kun yritys haluaa toiminnalleen jatkuvuutta. Toisaalta samat kriteerit ovat usein suuri ja aikaa vievä kulu, jota pyritään minimoimaan jatkuvasti. Hydraulijärjestelmien valmistaminen vaatii tuotteen toimintojen todentamisen, kokoonpanon paineistamisen sekä linjojen huuhtelun.

Koekäyttöalueet ovat laajoja ja järjestelmien vaihtojen yhteydessä käsitellään suuria öljymääriä. Määrästä osa päättyy hävikkiin, eli valuu alueen valuma-altaisiin. Altaat tyhjenetään noin neljä kertaa vuodessa jäteöljyksi. Vuositasolla mitattuna tähän kuluva työtunnit ja öljyhävikin määrä ovat huomattavia. Huoltotyöt ovat ergonomisesti haastavia ja niissä altistuu kosketuksiin öljyn kanssa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella järjestelmä, jolla pystytään vähentämään öljyhävikkiä ja käsittelyyn kuluva työntekijöiden työaika. Järjestelmän on pystyttävä käsittelemään kontaminoitunut öljy todennetusti uudelleenkäytettäväksi ja valvoa öljyn ominaisuuksia. Prosessin on toimittava luotettavasti ja mahdollisimman automaattisesti.

Järjestelmää varten tutkittiin hydraulinesteiden ominaisuuksia, käsittelymahdollisuuksia, sekä suhteutettiin talteenotettavan öljyn määrää normaaliin vaihtuvuuteen. Saatujen tietojen avulla valittiin tarvittavat kriteerit öljyn uudelleenkiertoon hyväksymiseksi. Öljyn keräämistä varten suunniteltiin tarvittavat toimenpiteet.

Lähtötietojen pohjalta suunniteltiin uudenlaiset valuma-altaat ja koneikko, jolla pystytään kootusti keräämään öljy käsittelyyn. Prosessin ohjaamiseksi valittiin logiikka ja paneeli, joka informoi reaaliajassa säiliöiden tilaa, prosessin vaiheita ja öljyn kuntoa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical engineering and production technic  
Mechanical automation

LIPPONEN TEPPPO  
Automated oil recovery system

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 18 pages  
April 2016

---

Quality control and a proper functionality are in a key position, when a company wants to maintain continuity in production. On the other hand, the same topics are a huge and time taking expense which companies are constantly trying to optimize. The manufacture of hydraulic systems requires test of functionality, pressurizing the assembly and flushing the system.

The testing areas are big and during the testing, a large amount of oil is handled. Part of the oil ends up to drain reservoirs and therefore needs to be cleaned once in a while. The oil is handled as a waste, and the work hours spent in the cleaning are a considerable item in annual expenses.

The purpose of this thesis was to find a solution for this problem by designing a system that reduces both the oil loss and the work required for the cleaning of reservoirs. The system needs to be able to collect the contaminated oil and recover it to a usable form. The quality of the oil must be monitored continuously and the system should be as automated as possible.

To be able to manufacture the system, research was made concerning the features of hydraulic fluids and different possibilities to recover it. The volume of contaminated oil was compared to the normal turnover of oil. Based on the knowledge gained, the criteria for collecting the waste oil for recycled use were formed. Also the necessary procedures for recovering the oil were formulated.

Based on the initial data, new drain reservoirs and a collector unit capable of processing the oil, were designed. A logic and a panel were chosen to run the system and to produce data in real time for easy analyzing and monitoring.

---

Key words: hydraulic, automation, oil

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TEHTÄVÄNASETTELU JA TAVOITTEET .....	8
3	HYDRAULINESTEET .....	9
3.1	Hydraulinesteiden käyttäytyminen ja tehtävät .....	9
3.2	Mineraaliöljyt.....	9
3.3	Viskositeetti .....	10
3.4	Virtauslajit.....	13
4	HYDRAULINESTEIDEN EPÄPUHTAUDET JA SUODATUS .....	15
4.1	Kiinteät partikkelit .....	15
4.2	Kosteus.....	16
4.3	Partikkeleiden suodatus .....	17
4.4	Kosteuden hallinta .....	18
4.5	Öljyn kunnonvalvonta.....	18
4.5.1	Puhtausluokitukset .....	18
4.5.2	Öljyanalysaattorit .....	21
5	OHJELMOINTI .....	23
5.1	CAN-väylätekniikat .....	23
5.1.1	Käyttötarkoitus ja hyödyt.....	23
5.1.2	Viestirakenne.....	23
5.2	CODESYS .....	24
5.2.1	Codesys -ohjelmointiympäristö ja rakenne .....	24
5.2.2	Ohjelmointikielet.....	25
6	JÄRJESTELMÄSUUNNITTELU .....	26
6.1	Lähtötiedot .....	26
6.2	Hydrauliikkasuunnittelu.....	27
6.2.1	Alustava kokonaisuus.....	27
6.2.2	Komponenttien mitoitus.....	28
6.3	Rautarakenteet.....	29
6.4	Automaatiosuunnittelu.....	31
6.4.1	Toimintaperiaate .....	31
6.4.2	Komponenttivalinnat ja ohjelma .....	32
7	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET .....	35
	LIITTEET .....	36
	Liite 1. Kannattavuuslaskelma .....	36
	Liite 2. Hydraulikaavio.....	37

Liite 3. Vickers-valintalomake .....	38
Liite 4. Osaluettelo .....	39
Liite 5 Rautarakennekuvat .....	40
Liite 6 Ohjelma runko.....	53

**LYHENTEET JA TERMIT**

Hydraulinen teholähde	hydraulipumppu
Toimilaite	sylinteri, hydraulimoottori
Viskositeetti	nesteen juoksevuus
Viskositeetti-indeksi	viskositeetin muutosnopeus lämpötilan suhteen [VI]
Laminaarinen	tasainen virtaus
Turbulenttinen	pyörteilevä virtaus
Partikkeli	kiinteä hiukkanen, epäpuhtaus nesteessä
Kavitointi	alipaineessa muodostuva ilmakupla
RH	suhteellinen kosteus [%]
CAN	Controller Area Network, tiedonvälitysväylä
Logiikka	automaatioprosessin ohjaustietokone
Master	CAN- väylän hallinnoiva logiikka
Slave	mastersolua palveleva solu
Node ID	yksilöintitunnus
Solmu	CAN-väylään yhdistynyt toimilaite tai anturi
Kontaminoituminen	öljyn altistuminen epäpuhtauksille
Hävikki	jäteöljy

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään öljyn talteenottojärjestelmän suunnittelua PMC Polarteknik Oy Ab:lle, Lempäälän toimipisteeseen. Lempäälässä valmistetaan hydraulisia järjestelmiä kansainvälisille ja kotimaisille markkinoille. Suurimmat asiakkaat tulevat meri-, kaivos- ja paperiteollisuuden piiristä.

Valmistettavat tuotteet vaihtelevat yksittäisistä pienistä venttiilikokoonpanoista kokonaisvaltaisiin järjestelmiin, jotka sisältävät pääkoneikon, venttiiliryhmät, toimilaitteet, apukoneikot ja näiden ohjausjärjestelmät. Suuret valmistusmäärät ja erityyppiset tuotteet vaativat myös järjestelmien koekäyttöalueilta paljon tilaa ja öljykapasiteettia. Koeajoja varten alueilla on noin 15000 litraa öljyä. Koska öljyn puhtaus ja laatu ovat yritykselle elintärkeitä, on suodatukseen ja mittaukseen panostettu huomattavasti.

Suurien öljymäärien käsittely johtaa kohtalaisen suureen hävikkiin järjestelmien testaus-ten ja vaihtojen yhteydessä. Myös saastuneen öljyn siivous vie paljon aikaa. Tämän vuoksi on kannattavaa suunnitella ja toteuttaa järjestelmä, joka monivaiheisesti suodattaa öljyn uudelleen käyttökelpoiseksi. Järjestelmä mittaa jatkuvasti öljyn puhtautta ja kosteuspitoisuutta. Kun mitatut arvot saavuttavat hyväksytyt tasot, palautuu öljy takaisin kiertoon.

Tämän opinnäytetyön teoriaosiossa käsitellään hydraulinesteiden koostumusta, ominaisuuksia ja tehtäviä osana hydraulista järjestelmää. Työssä selitetään myös öljyn suodatus-puhtaus- ja puhtaudenmittausmenetelmät sekä järjestelmän ohjaukseen liittyen CAN-väylätekniikkaa ja Codesys-ohjelmointiympäristöä.

Öljyn talteenottojärjestelmän suunnittelu kuvataan vaiheittain. Painopiste on hydraulisella suunnittelulla ja automaatioaskelluksen kuvaamisella. Rautarakenteiden lujuuslas-kenta ja sähkösuunnittelu on rajattu työstä pois.

## 2 TEHTÄVÄNASETTELU JA TAVOITTEET

Tehtävänä on suunnitella järjestelmä, jolla voidaan kierrättää epäpuhtauksille altistunut hydrauliöljy uudelleen käyttökelpoiseksi. Järjestelmän tulee toimia automaattisesti, jolloin työntekijöiden huoltotyöajat pienenevät. Öljyn suodattamisen on oltava taloudellisesti kannattavaa ja prosessoidun öljyn on täytettävä PMC Polarteknikin laatuvaatimukset NAS3-4 ja <RH35. Komponenttivalinnoissa on huomioitava jo olemassa olevien tuotteiden hyödyntäminen.

Työn tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva hydraulinesteiden ominaisuuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Teoriapohjalta on helpompi käsittää mitä vaatimuksia suunnitteluprosessille on ja mitä tulee ottaa huomioon kierrätetyn öljyn kunnonvalvonnassa pitkällä aikavälillä. Käsiteltävät aiheet toimivat suoraan mitoitusperustana.

CAN- väyläteknikasta ja Codesys ohjelmointiympäristöstä on tavoitteena käydä läpi perusteet, joita opinnäytetyön automaatio suunnittelussa tarvitaan. Teorian tavoitteena on antaa peruskäsitys väyläteknikasta ja ohjelmointimahdollisuuksista.

Käytyyn teoriaan pohjautuen mitoitetaan hydrauliikka, suunnitellaan rautarakenteet ja valitaan tehtävään soveltuva automaatio. Tavoitteena on muodostaa kuva järjestelmän toiminnasta ja laatia tekniset dokumentit, joilla tuote pystytään valmistamaan.



### 3 HYDRAULINESTEET

#### 3.1 Hydraulinesteiden käyttäytyminen ja tehtävät

Ymmärtääkseen hydraulinesteiden hyödyntämistä osana tehonsiirtoa, on käsitettävä niiden ominaispiirteet. Hydraulinesteen siirtyminen eli virtauksen aikaansaaminen vaatii paine-eroa siirtymäpisteiden välillä. Ilman paine-eroa neste pysyy paikallaan. Virtaava neste kulkeutuu korkeapaineesta kohti matalaa, hakeutuen vähiten vastusta tuottavaa reittiä pitkin. Energian sitoutuminen nesteeseen kasvaa sitä mukaa, kun paine-ero kahden tarkasteltavan pisteen välillä kasvaa. Nesteen virratessa ilman, että sen energiaa hyödynnetään työhön, muuttuu sen sitoma energia lämmöksi. (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 9.)

Nesteiden päätehtävä on toimia tehon välityksineenä hydraulisten teholähteiden ja toimilaitteiden välillä. Muita tehtäviä ovat lämmönsiirto säiliöön ja jäähdyttimille, likapartikkeleiden kuljettaminen suodattimille, järjestelmän voitelu, suojaus korroosiolta ja välysten tiivistäminen (Metropolia 2016.)

#### 3.2 Mineraaliöljyt

Nesteet voidaan jakaa neljään ryhmään niiden ominaisuuksien ja koostumuksen perusteella. Ryhmiä ovat mineraaliöljyt, synteettiset nesteet, kasviöljypohjaiset nesteet ja vesipohjaiset nesteet. Yleisimmin käytetyt hydraulinesteet ovat mineraaliöljypohjaisia (Teollisuusvoitelu 2013, 55–59.) Tässä työssä käsiteltävät hydraulinesteet ovat mineraaliöljypohjaisia ja teoriatarkastelu on rajattu niihin.

Mineraaliöljyjen ominaisuudet riittävät sellaisenaan, tavanomaisissa käyttöolosuhteissa. Jos nesteelle on erityisvaatimuksia kuten palamattomuus, ympäristöystävällisyys tai todella kylmät/kuumat olosuhteet, tarvitaan synteettisesti valmistettuja nesteitä. Mineraaliöljyillä on myös verrattain halpa hinta synteettisesti valmistettuihin nesteisiin verrattuna (Fonselius 1993, 31.) Nykyaikaiset lisä-aineet ovat laajentaneet mineraaliöljyjen käyttökohteita huomattavasti. Polarteknikillä valmistettavista järjestelmistä alle prosentti käyttää jotain muuta kuin mineraaliöljyä.

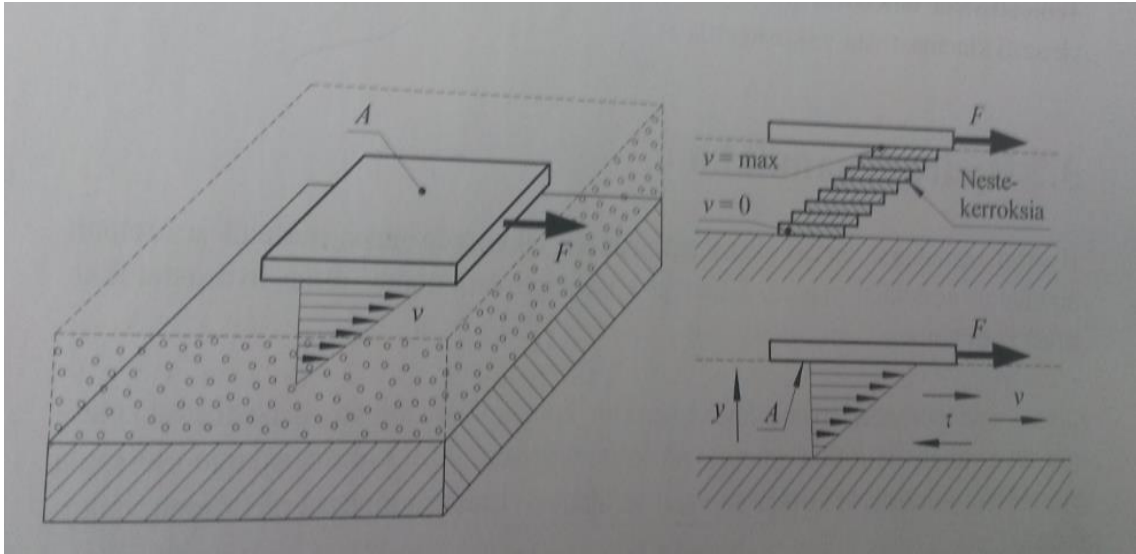
Mineraaliöljypohjaiset hydraulinesteet valmistetaan raakaöljystä tyhjiötislaamalla ja puhdistamalla. Niiden voiteluominaisuuksiin ja kestävyys- ja hapettumista vastaan vaikuttaa raakaöljyn aromaatti- ja rikki- ja happipitoisuus sekä stabiilisuus. Hiilivetykoostumus vaikuttaa viskositeetti-indeksiin ja tiheyteen. Hydraulinesteisiin lisätään kemiallisia aineita, joilla parannetaan nesteen ominaisuuksia. Niillä vaikutetaan suorituskykyyn, kestoikään, epäpuhtauksien erottumiseen, vaahtoutumiseen, viskositeettiin, painekestoon ja muihin (Teollisuusvoitelu 2013, 55–60.) Käytännössä lisäaineistus tapahtuu jalostajan toimesta, sillä määrät ovat tarkkoja ja väärät yhdisteet voivat aiheuttaa ei-toivottuja kemiallisia reaktioita. Markkinoilla on standardien määrittelemiä eri vaatimukset täyttäviä nesteitä, joista valitaan kuhunkin käyttötarkoitukseen sopiva.

### 3.3 Viskositeetti

Viskositeetti kertoo nesteen juoksevuudesta, ja sen vuoksi sillä on tärkeä merkitys hydraulisten järjestelmien oikeanlaisen toiminnan sekä hyötysuhteen kannalta. Mitä suurempi viskositeettiarvo nesteellä on, sitä jäykempää se on. Liian jäykkä öljy vastustaa nesteen virtausta, jolloin pelkkään siirtämiseen vaaditaan paljon tehoa. Jäykän öljyn voiteluominaisuudet heikentyvät myös huomattavasti, sillä neste ei pääse tunkeutumaan niin pieniin voideltaviin kohteisiin, kuin mahdollisesti tarvitsisi.

Neste, jolla on pieni viskositeetti, on juoksevaa ja voitelee hyvin. Toisaalta jos nesteen viskositeetti on liian pieni, se pääsee karkaamaan venttiileiden välisistä heikentäen hyötysuhdetta. Liian juokseva öljy ei pysty muodostamaan riittävän paksua voitelukalvoa mekaanisten pintojen välille, jolloin osat kuluvat enemmän. Viskositeettiin vaikuttaa nesteen omien ominaisuuksien lisäksi lämpötila ja paine (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 27.) Sopivan viskositeetin valinta on kompromissiratkaisu näiden ominaisuuksien väliltä. Viskositeetti ja käyttölämpötila on huomioitava kun valitsee järjestelmän komponentteja. Komponenttien data-lehdissä on ilmoitettu suositellut juoksevuudet ja niitä kuvaavat ominaiskäyrät.

Viskositeetti voidaan määritellä kahdella tapaa; dynaamiseksi ja kinemaattiseksi. Dynaaminen viskositeetti on kokeellinen suure ja kinemaattinen on dynaamisen suhde tiheyteen. Kuvassa 1 havainnollistetaan viskoosikitkan vaikutusta (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 24).



Kuva 1 (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 24) Viskoosikitkan aiheuttama vastus

Kuvassa nesteen päällä liikkuu levy, jossa  $A [m^2]$  kuvaa kosketuspinta-alaa, nopeutta kiinteään pohjaan suhteutettuna kuvaa  $v [\frac{m}{s}]$ , ja nestekerroksen vahvuutta  $y [m]$ .  $F [N]$  havainnollistaa voimaa, jolla levyä liikutetaan pinnan päällä. Kun vielä todetaan leikkausjännitykset  $\tau [\frac{N}{m^2}]$  muodostuvan voiman ja pinta-alan suhteessa, saadaan jalostettua Newtonin laki, johon kaikki hydrauliset nesteet voidaan lukea (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 24):

$$\tau = \eta \frac{\Delta v}{\Delta y} \quad (1)$$

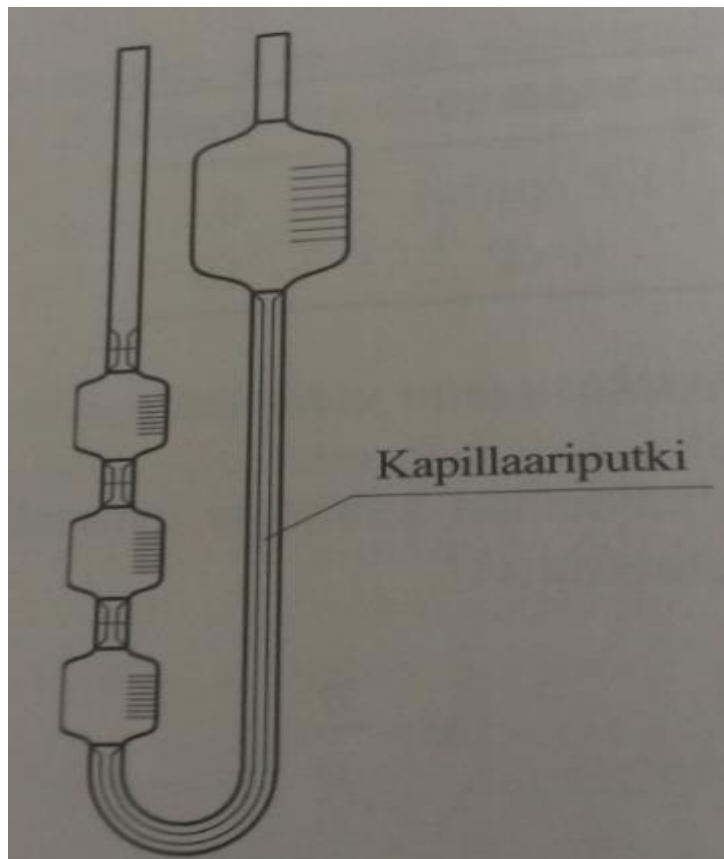
Kaavassa  $\eta$  on verrannollisuuskerroin, joka käytännössä kuvaa dynaamista viskositeettia. Sen yksikkö on  $[Pa \cdot s]$  (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 24.)

Teoriatasolla tarkasteltaessa yleisimmin käytetään kuitenkin Kinemaattista viskositeettia  $\nu [\frac{m^2}{s}]$  (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 24):

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (2)$$

Kaavassa  $\eta$  on dynaaminen viskositeetti [Pa\*s] ja  $\rho$  on tiheys[kg/m<sup>3</sup>] (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 25.)

Kuvassa 2 havainnollistetaan kapillaariputkea, jonka avulla viskositeetti pystytään määrittämään. (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 25) Määrittäminen perustuu tietyn nestemäärän juoksettamisesta putken läpi, mitaten siihen kuluva aika. Koe tehdään vakio- lämpötilassa. Käyttäytymistä samoissa olosuhteissa verrataan nesteeseen, jonka ominaisuudet tiedetään. Tulosten perusteella voidaan viskositeetti laskea. ISO-standardin mukainen mittaustemperatuurilämpötila on 40 °C.



Kuva 2 (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 25) Kapillaariviskosimetri

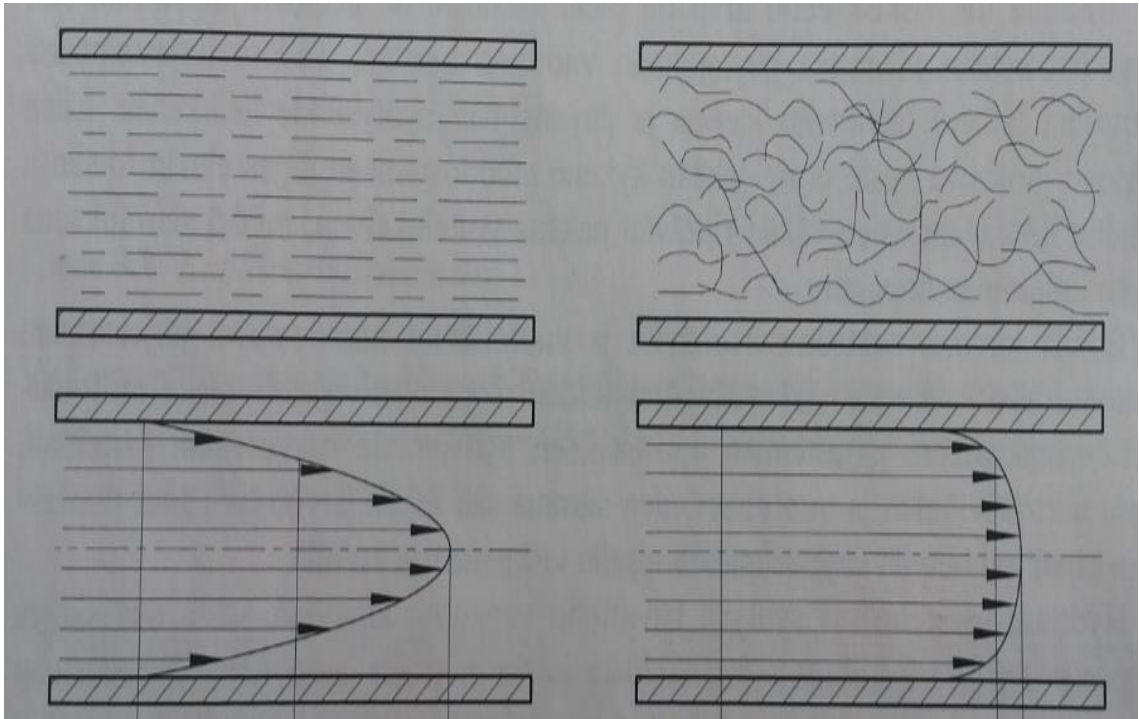
Kirjallisuudessa kinemaattisen viskositeetin yksikkönä käytetään usein centStoke [cSt], joka on  $10^{-6} \frac{m^2}{s}$  (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 25.)

Viskositeetti-indeksi [VI] ilmaisee nesteen viskositeetin muutosnopeutta suhteessa lämpötilaan. Mitä korkeampi indeksi nesteellä on, sitä vähemmän sen viskositeetti muuttuu lämpötilan funktiona (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 123.) Toisin sanoen korkean VI:n neste pystyy täyttämään sille annetut vaatimukset laajemmalla lämpöasteikolla kuin alhaisemman VI:n nesteet.

### 3.4 Virtauslajit

Ideaalissa tilanteessa nesteen virtaus on lineaarista ja pyörteetöntä. Tällöin nesteen siirtohäviötkin pysyvät mahdollisimman pieninä. Tekniset ja taloudelliset rajoitteet kuitenkin pakottavat usein tekemään kompromissiratkaisuja virtausnopeuksien suhteen (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 27.) Käytännössä putkistot ja venttiilit, jotka läpäisevät paljon, ovat kalliita ja tilaa vieviä. Myös suurien putkien asennus on haasteellista. Tällöin haetaan ratkaisuja, jotka riittävät tehtävästä suoriutumiseen, mutta jäävät mahdollisesti hieman ideaalitalanteista.

Virtaus luokitellaan laminaariseksi tai turbulenttiseksi riippuen virtausnopeudesta. Laminaarisessa virtauksessa pienillä nopeuksilla virtaus pysyy nesteen eri kerroksissa tietyllä lineaarisella radallaan, jota kutsutaan virtaviivaksi. Kasvatettaessa virtausnopeutta, alkavat virtaviivaiset kerrokset pyörteillä. Lopulta nesteen virtaus muodostuu täysin pyörteileväksi, jolloin neste kulkeutuu eteenpäin ilman tarkoin määriteltyä rataa. Virtaus muodostuu siis turbulenttiseksi (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 28.) Fonselius (1993, 20) kuvaa virtauksia kuvassa 3.



Kuva 3 (Fonselius 1993, 20) Laminaarinen ja turbulентtinen virtaus

Laminaarisella alueella virtaushäviöt kasvavat lineaarisesti, mutta siirryttäessä turbulenttiselle alueelle häviöt kasvavat eksponentiaalisesti. Laskemalla pystytään määrittämään, minkälainen virtaus virtauskanavassa vallitsee, kun tiedetään kanavan poikkipinta-ala ja tuotto, joka kulkeutuu kanavan läpi. Tarkoitusta varten on olemassa Reynoldsin luku  $Re$ . Erimuotoisille virtauskanaville ja niiden pinnanlaaduille on tutkimalla määritetty niin sanottuja kriittisiä arvoja. Reynoldsin luku (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 29):

$$Re = \frac{v * D_h}{\nu} \quad (3)$$

Kaavassa  $v$ = virtausnopeus [m/s],  $\nu$ = kinemaattinen viskositeetti [ $\frac{m^2}{s}$ ] ja  $D_h$ = hydraulinen halkaisija [m].  $D_h$  saadaan kaavasta (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 29)

$$D_h = \frac{4 * A}{L_A} \quad (4)$$

Kaavassa  $A$ = virtauskanavan poikkileikkaus pinta-ala [ $m^2$ ] ja  $L_A$  = poikkileikkauksen piiri [m].

## 4 HYDRAULINESTEIDEN EPÄPUHTAUDET JA SUODATUS

### 4.1 Kiinteät partikkelit

Yleisin syy toimintahäiriöihin hydraulikassa ovat epäpuhtaudet, kuten kiinteät hiukkaset eli partikkelit. Oikein mitoitettu ja tehokas epäpuhtauksien suodatus on ehdoton edellytys järjestelmien toimivuuden ja käyttöiän kannalta. Nesteiden epäpuhtauksia mitataan mikrometreissä, pienin koko mitä ihmissilmä kykenee erottelmaan, on 40µm (Teollisuus- & mobilehydraulikka 1 n.d, 198.)

Järjestelmiin joutuvia kiinteitä partikkeleita ei pystytä täysin estämään, sillä toimilaitteet ja venttiili tuottavat jatkuvasti lisää partikkeleita myös luontaisen käytön yhteydessä. Järjestelmien puhtaudesta huolehtiminen alkaa jo valmistusvaiheessa huolellisilla toimintatavoilla sekä olosuhteet huomioivalla suojauksella ja suodatuksella (Teollisuus- & mobilehydraulikka 1 n.d, 199.)

Epäpuhtaudet kuluttavat järjestelmän pumppuja, venttiileitä ja toimilaitteita. Kuluminen heikentää järjestelmän hyötysuhdetta ja epäpuhtauksien määrä kasvaa merkittävästi jos suoduksesta ei huolehdi. On hyvä huomioda, että uusi öljy ei useinkaan ole vielä tarpeeksi puhdasta järjestelmän vaatimuksiin suhteutettuna, vaan se vaatii esisuodattamista ennen pääsyä kierto. Huono tai laiminlyöty ilmansuodatus ja epäpuhtaissa olosuhteissa toimivat sylinterit ovat yleisimpiä ulkoisia tekijöitä, joista järjestelmään joutuu epäpuhtauksia (Teollisuus- & mobilehydraulikka 1 n.d, 200.) Asiakkailta huoltoon tulevissa koneissa on usein nähtävissä, että suoduksesta huolehtiminen on laiminlyöty. Säiliöissä voi olla esimerkiksi selvästi erottuvaa metalli- ja kumipölyä. Epäpuhtaudet aiheuttavat pumppujen hyötysuhteen heikkenemistä ja venttiilien vuotamista välyksistä sisäisesti säiliöön.

Kiinteiden partikkeleiden aiheuttamat komponenttien kulumiset voidaan jakaa eroosiokulumiseen ja hiovaan kulumiseen. Eroosiossa nesteen mukanaan kuljettamat partikkelit iskeytyvät kovalla nopeudella virtauskanavien seinämiin kuluttaen seinämiä ja irrottaen lisää partikkeleita. Toinen tapa on hiova kuluminen, jossa liikkuvien osien väliin päätyy partikkeleita, jotka ovat kovempia kuin väluspinnat. Tällöin väluspinnat murtuvat kasvattaen sisäisiä vuotoja (Teollisuus- & mobilehydraulikka 1 n.d, 202.)

## 4.2 Kosteus

Vesi on yksi pahimmista hydraulinesteissä esiintyvistä epäpuhtauksista. Vesi aiheuttaa korroosiota, tehohäviöitä, edistää öljyn hapettumista ja ohentaa nesteen muodostamaa voitelukalvoa. Vesi voi aiheuttaa myös kavitointia eli alipaineessa muodostuvia ilmakuplia, jotka vaurioittavat pumppua. Yleisin syy veden päätymiseksi osaksi kiertoa on huotusilman mukanaan tuoma kosteus, joka säiliöön päästyään tiivistyy vedeksi ja sekoittuu nesteeseen (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 207.) Kylmissä olosuhteissa säilytetyissä koneissa, joihin on päässyt kosteutta, on aiheutunut venttiilien jumiutumista. Käyttöänoton yhteydessä rajoittimet eivät ole toimineet ja paine on noussut rajattomasti aiheuttaen vaaratilanteita.

Vettä voi olla hydraulinesteen seassa vapaana, liuenneena tai emulsiona. Näistä vapaana ja emulsiona esiintyvät muodot ovat haitallisimpia ja on tärkeää, että ainakin näissä muodoissa kosteus saadaan estettyä. Ne ovat haitallisia, koska öljyn ominaisuudet muuttuvat huomattavasti; Voitelukyky heikentyy ja vaahtoutuminen lisääntyy. Vapaan veden pysyy erottamaan muusta nesteestä erillisenä faasina, eli kerroksena. Vesi on raskaampaa kuin öljy, ja hyvin suunnitellussa säiliössä se painuu pohjalle, josta sitä voidaan poistaa hanan avulla. Myös erilaiset suodattimet ja säiliöilman kuivaus poistavat vapaata vettä (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 207.) Rautarakenteiden suunnittelussa on huomioitu tässä kappaleessa kootut asiat.

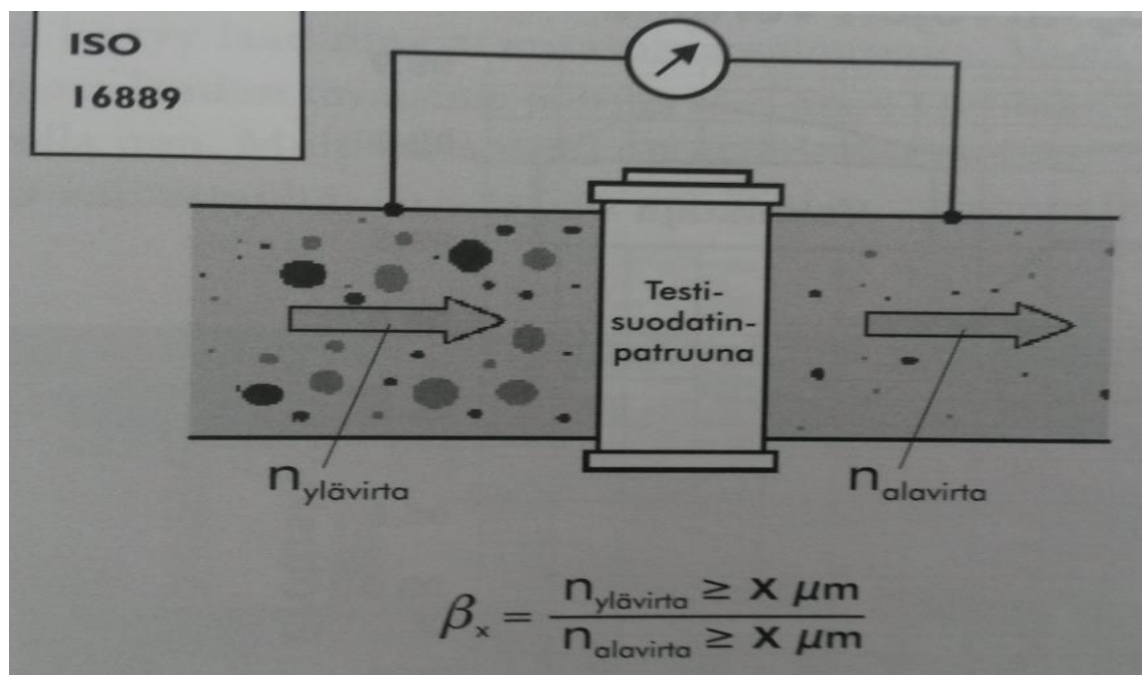
Liennut vesi on tasakoosteisena muun nesteen joukossa. Öljyn joukkoon liukenevan veden määrä on rajallinen, jolloin puhutaan öljyn vesikyllästyspisteestä eli saturaatiopisteestä. Siihen vaikuttaa öljyn laatu, lisääaineistus, puhtaus, lämpötila ja vanheneminen. Kun saturaatiopiste ylitetään, alkaa öljyn sekaan muodostua vapaata tai emulsioitunutta vettä. Emulsion aiheuttaa voimakas sekoittuminen. Nykyaikaisella lisääaineistamisella veden sitoutumista on pystytty heikentämään. Vesipartikkelit pysyvät todennäköisemmin erillisenä faasina, jolloin se on helppo poistaa järjestelmästä (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 208.)



### 4.3 Partikkeleiden suodatus

Öljyn puhtauden vaaditun tason määrittää järjestelmässä olevien komponenttien herkkyys epäpuhtauksille, eli välykset joihin epäpuhtaudet voivat päätyä. Komponenttivalmistajat ilmoittavat yleensä vaaditun suodatusasteen (Fonselius, 1993 92.)

Öljy kierrätetään patruunan läpi, jolloin partikkelit tarttuvat sen sisään. Rakenteesta ja suodatusmateriaalin tiheydestä riippuen saavutetaan tietty suodatuskokuiluokka ja suodatusarvo  $\beta$ . Patruunan tiedoissa kerrotaan nimellinen suodatuskoko. Jos ilmoitettu arvo on 10mikr., suodatin suodattaa sitä suuremmat partikkelit.  $\beta$  arvo kuvaa sitä, kuinka suuri osa suodatusalueella olevista partikkeleista saadaan sidottua yhden kierron aikana. ISO16889 standardi havainnollistaa suodatusastetta (kuva 4).



Kuva 4(ISO16889) Beeta suodatus aste

Suodatus voidaan toteuttaa imu-, paine-, paluu- tai offlinesuodatuksena. Yleisin ja halvin tekniikka on paluusuodatus. Paluusuodattimelta ei vaadita korkeaa paineenkestoa ja se pystytään integroimaan säiliöön. Jos säiliö on iso ja halutaan varmistua, että toimilaitteille kuljetettava öljy on tarpeeksi puhdasta, tarvitaan painesuodattimia. Niiden rakenteen tulee kestää järjestelmän paine ja ne vaativat asennustilaa. Offlinesuodatuksella tarkoitetaan piiriä, joka toimii irrallaan toimilaitteikäytöistä. Kyseistä suodatusta tarvitaan kun halutaan öljystä erittäin puhdasta. Hienojakoiset suodattimet käsittelevät yleisesti vain pieniä tuot- toja, koska painehäviöt tiheän materiaalin läpi ovat suuria. Imusuodattimien käyttö on nykyään vähäistä niiden sijaitessa usein imulinjassa säiliön sisällä. Tämä tekee huoltami- sesta vaikeaa ja huoltamaton imusuodatin aiheuttaa pumpun kavitointia.

#### **4.4 Kosteuden hallinta**

Tärkein keino pitää kosteus erillään öljystä, on säiliöilman kuivuudesta huolehtiminen. Huohotussuodattimen tulee sitoa kosteutta säiliöön tulevasta ilmasta. Oleellista on myös huolellinen ja suojattu öljyn varastointi. Olosuhteista riippuen pelkkä huolellisuus ei riitä, ja lisäksi saatetaan tarvita myös kosteudenpoistoon erikoistuneita menetelmiä.

Säiliön suunnittelussa huomioitu veden tyhjennyspiste mahdollistaa vapaan veden poistamisen. Säiliöilmaa kuivattamalla voidaan poistaa vapaata ja emulgoitunutta vettä. On mahdollista valita öljynsuodattimia, jotka on suunniteltu poistamaan vapaata ja emulgoitunutta vettä. Kalliimpia ja tehokkaimpia tekniikoita ovat separointi, jossa keskeiskiihtyvyyden avulla erotetaan vesi öljystä sekä alipainehöyrystin, jonka toiminta perustuu veden alhaiseen höyrystymislämpötilaan alipaineella (Teollisuusvoitelu 2013, 151–154.)

#### **4.5 Öljyn kunnonvalvonta**

##### **4.5.1 Puhtausluokitukset**

Tuotannon jatkuvuuden ja toimilaitteiden kestävyyskannalta on tärkeää valvoa öljyn kuntoa suunnitellusti. Valvonnan täytyy olla riittävän kattavaa ja tulokset tulee arkistoida tasaisin väliajoin. Toimintasuunnitelman täytyisi sisältää suodattimien vaihto- ja seurantavälit, toimenpidesuunnitelman muutosten varalle, sekä öljyn visuaalisen ja analysointiripohjaisen tarkastelun aikavälit (Teollisuusvoitelu 2013, 157.)

Öljyn puhtautta varten on määritelty standardeja kuten NAS 1638, joka on laajalti käytössä. ISO 4406 standardi on kuitenkin yleistymässä. Ideana molemmissa on suhteuttaa eri kokoluokkien hiukkaspitoisuudet määrättyihin lukuarvoihin. Lukuarvot antavat selkeän kuvan öljyn puhtaudesta. Taulukossa 1 on kuvattuna NAS 1638 mukainen puhtausasteikko.

Taulukko 1 NAS 1638 Puhtausluokitus kpl/100ml

PUHTAUSLUOKKA	5-15µm	15-25µm	25-50µm	50-100µm	>100µm
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	356	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024

NAS 1638-standardi jakaa öljynpuhtauden viiteen eri kokoluokkaan (kpl/100ml, taulukko 1). Huonoimman tuloksen saanut kokoluokka määrittää puhtausluokituksen. Taulukossa 2 kuvataan ISO 4406 mukainen puhtausasteikko.

Taulukko 2 ISO 4406 Puhtausluokitus

PUHTAUSLUOKKA	SALLITTU HIUKKASMÄÄRÄ (KPL/ml)	
	ALARAJA	YLÄRAJA
<1	0,00	0,01
1	0,01	0,02
2	0,02	0,04
3	0,04	0,08
4	0,08	0,16
5	0,16	0,32
6	0,32	0,64
7	0,64	1,3
8	1,3	2,5
9	2,5	5
10	5	10
11	10	20
12	20	40
13	40	80
14	80	160
15	160	320
16	320	640
17	640	1300
18	1300	2500
19	2500	5000
20	5000	10 <sup>4</sup>
21	10 <sup>4</sup>	2*10 <sup>4</sup>
22	2*10 <sup>4</sup>	4*10 <sup>4</sup>
23	4*10 <sup>4</sup>	8*10 <sup>4</sup>
24	8*10 <sup>4</sup>	1,6*10 <sup>5</sup>
25	1,6*10 <sup>5</sup>	3,2*10 <sup>5</sup>
26	3,2*10 <sup>5</sup>	6,4*10 <sup>5</sup>
27	6,4*10 <sup>5</sup>	1,3*10 <sup>6</sup>
28	1,3*10 <sup>6</sup>	2,5*10 <sup>6</sup>
>28	2,5*10 <sup>6</sup>	

ISO4406-standardissa laskenta perustuu kolmeen kokoluokkaan >4/>6/>16 µm. Toisin kuin NAS-lukema, mitataan ISO-lukema aina yhtä millilitraa kohden. Taulukossa 3 havainnollistetaan järjestelmäkohtaisia vaatimuksia ISO- ja NAS-puhtausluokissa.

Taulukko 3 Puhtausluokkasuosituksia (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 389, muokattu)

JÄRJESTELMÄ	PUHTAUSLUOKITUS	
	ISO 4406	NAS 1638
Matalapainejärjestelmät perinteisin venttilein	24/17/14	9->11
Korkeapainejärjestelmät perinteisin venttiilein	21/16/13	7->9
Proportionaaliventtiili-järjestelmät	20/15/12	6->7
Servoproportionaaliventtiili-järjestelmät	18/14/11	5->6
Servoventtiili-järjestelmät	18/13/10	4->5
Erittäin herkäät suurtehojärjestelmät	16/11/9	3->4

#### 4.5.2 Öljyanalysaattorit

Öljyanalysaattoreista on saatavilla kannettavia malleja, joilla voidaan mitata puhtautta halutuista mittauspisteistä. Niillä voidaan myös mitata pullonäytteitä sisäisen pumpun avulla. Vaihtoehtona on asentaa onlinemittaus, joka tarkkailee jatkuvasti öljynpuhtautta määrätystä tarkkailupisteestä. Mittaus voidaan yhdistää suoraan koneen pääkäyttöpiiriin (INLINE) yhteyteen tai esimerkiksi sivuvirtasuodatuksen yhteyteen, jolloin tuloksesta saadaan tasaisempi (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 203.)

Hiukkaslaskurit hyödyntävät optiikkaa, jossa mittauskanavan läpi näytetään valoa. Anturi havaitsee partikkeleista muodostuvat varjot, joista laite määrittelee partikkeleiden kokoluokan ja määrän. Jos mittauspisteeseen pääsee ilmakuplia tai suuria määriä vettä, tunnistaa laite ne epäpuhtauksiksi ja hiukkaslaskentatulos vääristyy. Toisaalta vääristynyt tulos havahduttaa silti toiseen ongelmaan järjestelmässä (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 204.)

Useimmissa analysaattoreissa on integroituna vesipitoisuus- ja lämpötilamittaus. Mittaus perustuu sähkönjohtavuuteen. Öljyn sähkönjohtavuus muuttuu siihen sitoutuneen vesi-

määrän mukaan. Tulokseksi mittauksesta saadaan suhteellinen kosteus, joka kertoo öljyn sitoutuneen veden määrän suhteessa öljyn kyllästymispisteeseen (Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 n.d, 205.) Viime vuosikymmenellä analysaattorit ovat tulleet kompaktimman kokoisiksi ja hinnaltaan edullisemmiksi. Työssä hyödynnetään MP-Filtrin optiseen mittaukseen perustuvaa analysaattoria jossa on mukana suhteellisen kosteuden mittaustaus.

## 5 OHJELMOINTI

### 5.1 CAN-väylätekniikat

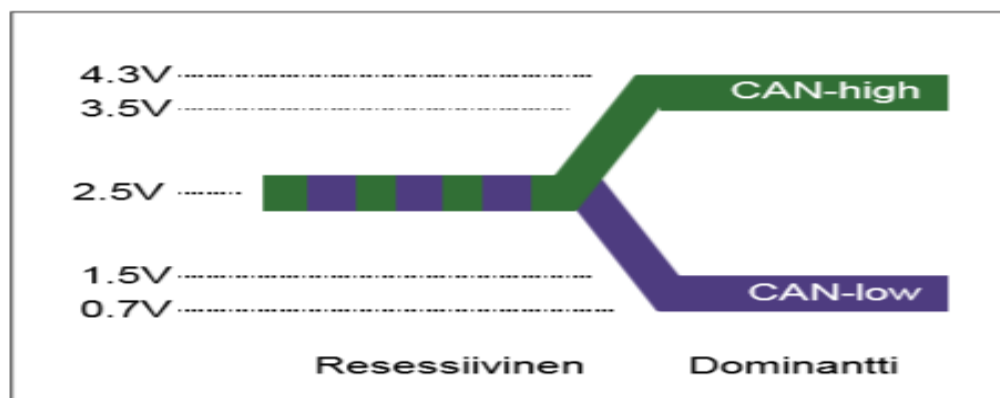
#### 5.1.1 Käyttötarkoitus ja hyödyt

CAN (Controller Area Network) -väylä on tiedonvälitykseen suunniteltu menetelmä, jolla pystytään keräämään ja lähettämään tietoa antureiden, toimilaitteiden ja logiikoiden välillä. Väylällä ei tarvitse olla yhtä pääkeskusta vaan älyä sisältävät komponentit voivat jakaa tietoa keskenään ja toteuttaa toimintoja näiden perusteella. Väylään kytkettyjä komponentteja kutsutaan solmuiksi (node). Modulaarisen rakenteen ansiosta väylälle voidaan lisätä tai poistaa solmuja muiden toimintojen häiriintymättä, sillä väylän viestit ovat kaikkien komponenttien luettavissa. Yksilöllisten viestitunnusten perusteella komponentit tietävät, onko viesti niille tarpeellinen (CAN in Automation 2016.) Kaikilta komponenteilta ei siis tarvitse erikseen tuoda kaapelia ohjauspuolelle, CAN-kaapeli kiertää lenkin kaikkien piirin solmujen kautta. Tämä vähentää kytkentätyötä ja rajaa huoltoaluetta.

Väylä koostuu kierretystä parikaapelista, jonka laatua määrittää tiedonsiirrossa tarvittava nopeus, myös liitokset voivat aiheuttaa resistanssia väylään. Kaapelin molemmat päät päätetään 120 Ohmin päätevastuksilla, jotka estävät signaalin peilaantumista takaisin väylälle. Väylän pituus vaikuttaa tiedonsiirtonopeuteen, joka on nopeimmillaan 1Mbit/s (CAN in Automation 2016.)

#### 5.1.2 Viestirakenne

Tietopaketit koostuvat rajoitetuista kehyksistä, joiden enimmäiskoko on kahdeksan tavua. Nämä sisältävät myös virheentarkistustiedon ja informaation viestin sisällöstä. Fyysisesti viesti siirtyy jännite-eroon perustuen. Standardissa ISO 11898-2 on parikaapelin johtimet määritelty CAN\_high- ja CAN\_low- tyyppisiksi. Jos väylällä ei kulje viestiä, on jännite johtimissa 2,5V. Jos väylällä lähetetään arvoa yksi, on CAN\_high arvo 3,5V ja low 1,5V. Tällöin jännite-ero on 2V (CAN in Automation 2016.)



Kuva 5 (Suutari 2015) CAN kaapelin jänniteviestihavainne

CAN-väylä kestää myös ulkopuolisia sähkömagneettisia häiriöitä, sillä ne vaikuttavat molempiin johtimiin yhtä paljon. Tällöin jännite-ero pysyy samana. Tätä voidaan pitää yhtenä väylätekniikan merkittävistä eduista (CAN in automation 2016.)

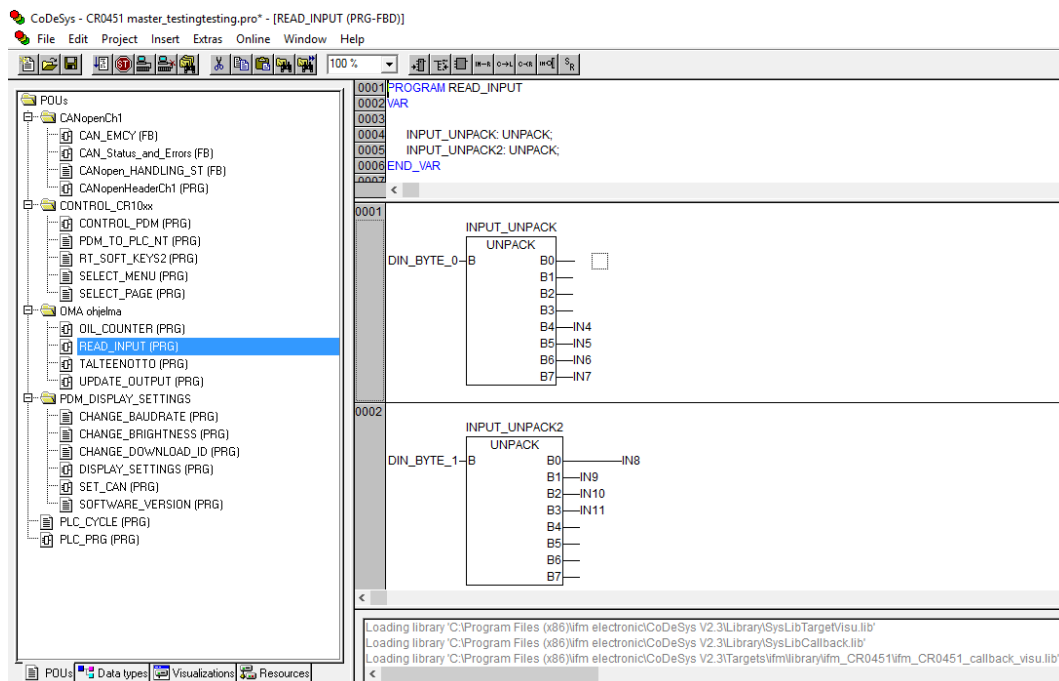
## 5.2 CODESYS

### 5.2.1 Codesys -ohjelmointiympäristö ja rakenne

Codesys on logiikkaohjelmoinnin työkalu, jonka loppukäyttäjä voi ladata ilmaiseksi. Eri logiikkoiden valmistajat tekevät valmiita kirjastoja tuotteilleen, jotka ohjelmoija lataa sovellukseen. Toisin sanoen sama ohjelma käy pohjana kaikkien valmistajien tuotteille, jotka hyödyntävät kyseistä ohjelmointiympäristöä. Codesys täyttää International Electrotechnical Commissionin laatiman IEC 61131 -standardin ohjelmoitavista logiikoista (Codesys 2016). Codesys on rakenteeltaan käyttäjäystävällinen ja ohjeita sen hyödyntämiseen on helposti saatavilla. Ohjelmisto valikoitui työhön logiikkavalinnan johdosta.

Tavallinen ohjelmointinäkyvä on neliosainen, kuten kuvassa 6 on havainnollistettu. Vasemmalla on ohjelman järjestely-yksikkö (POU). Sinne voi lisätä ohjelmia ja aliohjelmia. Lopullisen ohjelman voi koota pienistä osakokonaisuuksista, jotka ovat helpommin muokattavissa. Kaikki osakokonaisuudet voi tehdä eri ohjelmointikielillä. Oikealla keskellä on ohjelmointi-ikkuna, jossa valitulla ohjelmointityylillä rakennetaan ohjelmaa. Yläoikealla näkyvät kaikki ohjelmanteossa määritellyt muuttujat ja niiden tietomuoto. Alaoikealla on tapahtumahistoria latauksista ja ilmoituskenttä ohjelmaan liittyvistä tiedoista (User manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3 2004.)





Kuva 6 Codesys ohjelmointi-ikkuna

## 5.2.2 Ohjelmointikielet

Codesys tarjoaa käyttäjälle useita ohjelmointikieliä. Kaikki aliohjelmat voi tehdä eri kielillä, jolloin pystyy hyödyntämään kuhunkin tilanteeseen käytännöllisintä vaihtoehtoa. Tämän opinnäytetyön automaatiosuunnittelussa on käytetty pääsääntöisesti muotoa Function Block Diagram. FDB muotoa on käytetty opintojen yhteydessä, jolloin sitä on loogista hyödyntää.

Function Block Diagram (FDB) koostuu standardin IEC 61131-3 määrittelemistä toiminoista. Ohjelma kootaan valmiiksi määritellyillä lohkoilla, joilla voidaan toteuttaa matemaattisia ehtoja, sekä yhdistellä helposti tietoja. Logiikan valmistaja on määritellyt näitä ladattaviin kirjastoihin, mutta lohkoja on mahdollista määritellä myös itse (Codesys 2016.)

## 6 JÄRJESTELMÄSUUNNITTELU

### 6.1 Lähtötiedot

Koekäyttöalueiden valuma-altaat ovat tasapohjaiset, jolloin niille päätyvä öljy levittyy tasaisesti koko pinta-alalle. Altaiden päällä on työskentelytasot, jotka on nostettava pois nosturin avulla huollon ajaksi. Altaat imuroidaan tarkoitukseen soveltuvalla imurilla. Pois imuroitu öljy siirretään kokonaisuudessaan jäteöljyksi. Huoltoa tekevä henkilö joutuu työskentelemään vaikeissa asennoissa ja altistuu helposti öljylle. Jos huollon tekee yksi ihminen yhdelle alueelle, kuluu siihen noin yksi työpäivä. Tänä aikana hallin nosturi on pitkiä aikoja varattuna toimenpiteitä varten ja koekäyttöalueella on rajallinen kapasiteetti koeajojen toteuttamiseen. Kannattavuusarviossa on laskettu keskiarvollinen kustannuserä vuodessa (liite 1).

Ratkaisuksi alueelle on suunnitteilla uudet altaat, joissa saadaan viistepohjan avulla öljy kerääntymään yhteen kaivoon. Kaivon tyhjentäminen ja mahdollisuus ottaa osa öljystä talteen muodostavat tarpeen automaattiselle järjestelmälle. Järjestelmä hoitaisi kaivon tyhjennystä ja suodattaisi sinne kertynyttä öljyä takaisin kiertoon.

Suora suodattaminen ei anna välitietoa öljyn laadusta, jolloin huono erä pilaa kerralla paljon öljyä. Lisäksi suoralla suodattamisella suodatinpatruunat tukkeutuvat nopeasti, mikä muodostaa paljon kuluja. Koska aika ei ole ratkaiseva tekijä mitoituksessa, voidaan suodatus toteuttaa monivaiheisesti karsimalla partikkeleita painovoimaisesti ja karkeasta hienompaan siirtyvällä suodattamisella. Vaiheittainen puhdistus mahdollistaa öljyn kunnan hyväksymisen ennen sen siirtämistä uudelleen kiertoon.

Suunnittelun ajatuksena on havainnollistaa Polarteknikin asiakkaille suodatusjärjestelmän varmuutta ja toimintoja, joita voidaan jatkossa soveltaa myös heidän tilaamiinsa tuotteisiin. Tarkoitus on monitoroida reaaliaikaisesti ja visuaalisesti prosessin vaiheita. Työssä pyritään hyödyntämään jo olemassa olevia komponentteja, mikä osaltaan ohjaa suunnittelua.

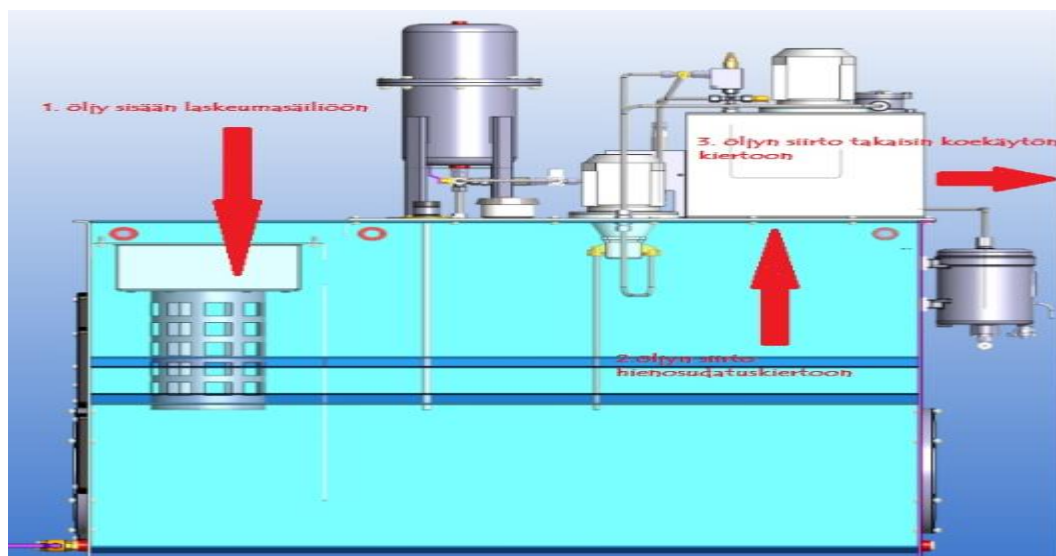
## 6.2 Hydraulikkasuunnittelu

### 6.2.1 Alustava kokonaisuus

Järjestelmästä tulee kolmivaiheinen, jotta saadaan säästettyä suodatinpatruunoita ja pysytään mittaamaan öljyn laatua ennen kiertoa vapauttamista. Ensimmäisessä vaiheessa kaivon kerääntynyt öljy imetään karkean imusihdin läpi laskeuma-altaaseen, jonka pinnan korkeutta mitataan analogisella anturilla. Altaaseen siirtyvä öljy kulkee läpi 150 mikronin suodatinpussista, joka on helppo puhdistaa tai vaihtaa tarpeen mukaan. Säiliössä öljyn annetaan rauhoittua noin vuorokausi, jolloin iso osa partikkeleista laskeutuu säiliön pohjalle. Käytännössä pienempikin aika riittää, mutta se ei ole määrittelevä tekijä järjestelmän toiminnan kannalta.

Toisessa vaiheessa laskeumasäiliön pinta-öljyä siirretään rauhallisesti hienosuodatussäiliöön, jonne se kulkeutuu 10 mikronin palusuodattimen läpi. Kun hienosuodatussäiliö on täynnä, alkaa kahden mikronin hienosuodatuskierto, jonka yhteydessä on öljyanalysaattori. Vaihe on valmis kun öljy on kulkeutunut suodatuksen läpi vähintään kymmenen kertaa ja analysaattori on todennut puhtauden hyväksytylle tasolle <NAS3, sekä suhteellinen kosteus on alle RH30.

Viimeisessä vaiheessa erillinen kahden mikronin suodatusyksikkö siirtää hyväksytyn öljyn takaisin kiertoa. Molemmat hienosuodattimet ovat kosteutta sitovia. Visuaalista tarkastelua varten molempien säiliöiden huoltoluukut ovat läpinäkyvää plexilasia. Kuvassa 7 havainnollistetaan öljyn kierto talteenottojärjestelmän läpi.



Kuva 7 Öljyn kierto järjestelmän läpi

### 6.2.2 Komponenttien mitoitus

Järjestelmän ydin on neljä pumppu-moottori-yhdistelmää. Mitoitus lähtee tehontarpeesta. Varaosien ja huollon kannalta on järkevää, että yhdistelmät ovat keskenään samanlaisia. Tämä on mahdollista, koska tehontarpeet ovat pieniä, eikä yhdistelmien kesken ole suuria eroja. Kokemukseen pohjautuen, öljyanalysaattorille siirrettävän öljyn kannattaa olla hie-  
man paineistettua, ettei sekaan päädy tulosta häiritseviä ilmakuplia. Tästä muodostuu jär-  
jestelmän suurin painetaso, joka on 40bar. Suurin tuotto on melko vapaasti määriteltä-  
vissä, mutta kokemus todella pienten hammaspyöräpumppujen heikosta imukyvystä ja  
arvio hienosuodatuksen vaihtonopeudesta, määrittää tuottotarpeeksi noin 4lpm. Tarkoi-  
tuksenmukaisimmaksi osoittautui  $3,15\text{cm}^3$  tilavuuksinen pumppu. Kun tiedetään moot-  
torin kiertävän noin 1375rpm, saadaan tuotto kaavasta (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013,  
485):

$$q_v = n * V_k * \eta_v \quad (5)$$

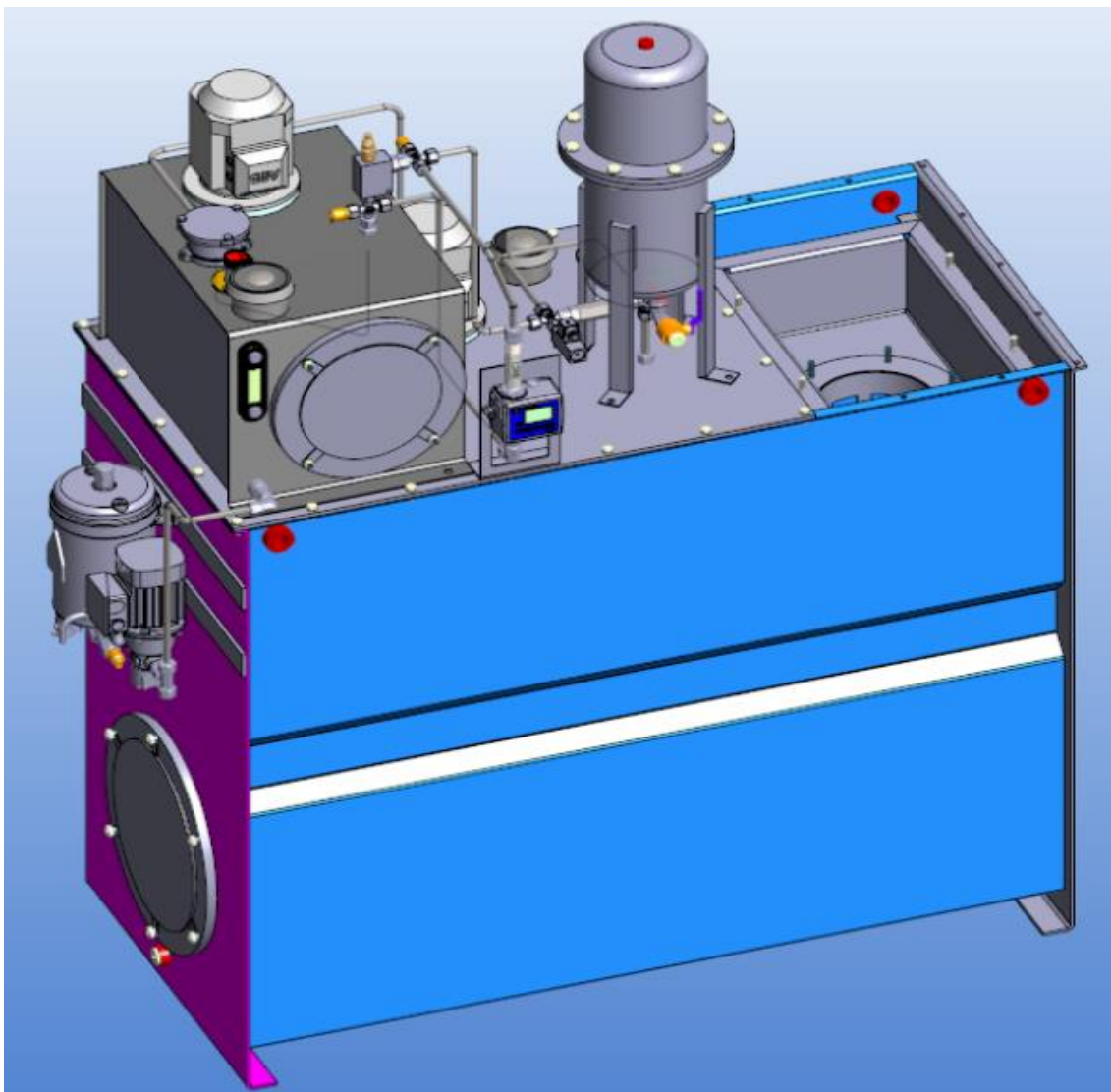
Kaavassa  $q_v$  on pumpun tuotto  $[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}]$ ,  $n$  on pyörimisnopeus  $[\frac{\text{r}}{\text{s}}]$ ,  $V_k$  on kierrostilavuus  $[\frac{\text{m}^3}{\text{r}}]$   
ja  $\eta_v$  volumetrinen hyötysuhde  $[\ ]$ . Tuotoksi tulee noin 4,3lpm. Tehontarve saadaan las-  
kettua tämän jälkeen kaavalla (Kauranne, Kajaste, Vilenius 2013, 485):

$$P = \frac{q_v * \Delta p}{\eta_t} \quad (6)$$

Kaavassa  $P$  on pumpun tarvitsema käyttöteho  $[W]$ ,  $\Delta p$  paine-ero pumpun imu- ja lähtö-  
liitännän välillä  $[Pa]$  ja  $\eta_t$  on kokonaishyötysuhde  $[\ ]$ . Tehontarpeeksi saadaan noin  
0,35kW. Paineensäätövara huomioon ottaen järjestelmään valittiin 0,55kW moottorit.

Putkistot on mitoitettu tämän opinnäytetyön kappaleiden 3.3 ja 3.4 pohjalta, sekä hyö-  
dyntäen Vickersin putkistonmitoitustaulukkoa (liite 3). Putkistokoot on kirjattu hydrauli-  
kaavioon (liite 2). Kaikkien valittujen komponenttien ja materiaalien paineen kestot on

varmistettu käyttötiedotteista. Kuvassa 8 on malli koneikosta. Liitteessä 4 on loput komponenttivalinnat (liite 4).



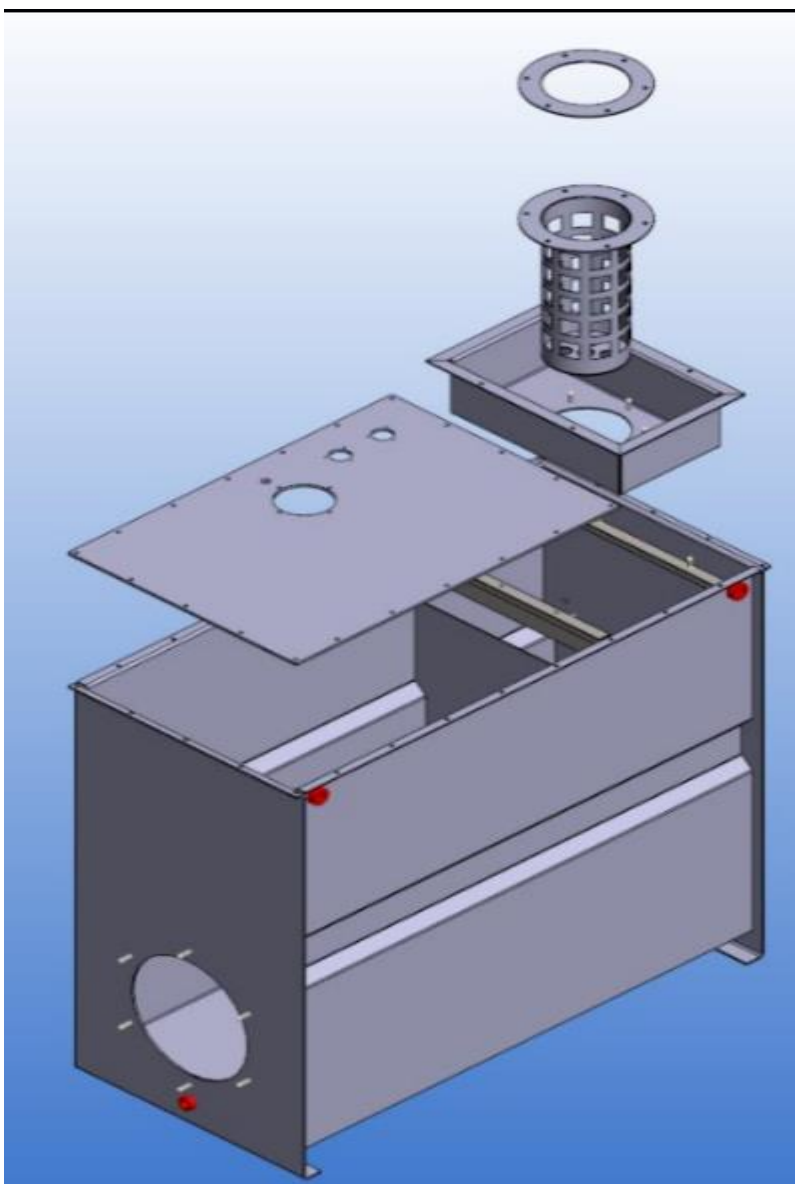
*Kuva 8 3D-näkymä suunnitellusta talteenottojärjestelmästä*

### 6.3 Rautarakenteet

Rautarakenteiden suunnittelussa lähtökohtana olivat ergonomia, säiliöiden huoltoystävällisyys ja veden poiston kannalta käytännölliset tekijät. Laskeumasäiliön tilavuus on suhteellisen suuri, jotta öljy pysyy rauhoittuneena paremmin ja saadaan korkeuseroa sakan ja siirtorajan välille. Pohja on viistemallinen ja sen alimpaan kohtaan on suunniteltu paikka poistohanalalle. Sen avulla säiliöstä voidaan tyhjentää mahdollinen kiinteä vesi. Säiliön sisällä on rauhoitelevy, jolla pyritään pitämään suurin sakka mahdollisimman kau-

kana siirtopumpun imusta. Levyn ja pohjan väliin on kuitenkin jätetty riittävästi tilaa säiliön pohjan puhdistamista varten. Säiliöön on suunniteltu liitoskohdat mahdollista erillistä ilmankuivausta varten.

Kansi on suunniteltu kaksiosaiseksi, joista pienempi osa toteutetaan pleksilasilla. Rakenne tehdään pienillä pneumatiikkasyylintereillä huoltoa varten avattavaksi. Isompaan kanteen on suunniteltu paikat putkistojen läpivienneille, pumppu-moottori-yhdistelmille, huohottimelle ja anturiläpivienneille. Kuvassa 9 on laskeumasäiliön rautarakenteet.



*Kuva 9 Laskeumasäiliön rautarakenteet*

Hienosuodatussäiliö on valmis säiliö, johon on suunniteltu vain muutamia modifiointeja käyttötarkoitusta ajatellen. Kaikista rautarakenteista on mittakuvat (liite 5).

## 6.4 Automaatiosuunnittelu

### 6.4.1 Toimintaperiaate

Ensimmäisessä vaiheessa alueen kaivo täyttyy öljyllä, jonka pintaa mitataan anturilla. Kun anturilta saadaan tieto: ”kaivo täynnä”, tarkastaa logiikka, että laskeumasäiliössä on tilaa ja siirto hienosuodatukseen ei ole käynnissä. Kun ehdot ovat kunnossa, alkaa siirto kaivosta laskeumasäiliöön. Siirto pysähtyy, kun kaivo on alarajalla tai laskeumasäiliö on täyttynyt. Jos ensimmäisen vaiheen siirto ei pysty tyhjentämään kaivoa siinä ajassa kun se täyttyy, kyseessä on vuoto koekäyttöalueen säiliöissä. Tällöin kytkeytyy toinen hälytysaste, jolloin omalla akkupiirillään toimiva sim-kortin sisältävä kytkin lähettää viestin valvonnasta vastaaville tahoille. Tieto ylitäytöstä poistaa käytöstä järjestelmän ajastimet ja koneikko alkaa siirtää öljyä nopeammin. Tällä saadaan aikaa reagoida vuotoon. Alueen valuma-altaat pystyvät varastoimaan kaiken käytössä olevan öljyn, mutta turhilta kuluilta ja työltä saatetaan välttyä.

Toisessa vaiheessa laskeumasäiliön pintaa mitataan myös anturilla. Kun säiliön pinta on täyttynyt tyhjennysalueelle, alkaa 24 tunnin ajastintoiminto. Ajastimella varmistetaan, että suurin sakka öljyn seasta on laskeutunut säiliön pohjalle. Kun odotusaika on päättynyt, logiikka tarkastaa että hienosuodatussäiliö on tyhjä eivätkä suodattimet ole tukkeutuneet. Järjestelmä aloittaa siirron hienosuodatussäiliöön. Täyttö pysähtyy kun hienosuodatussäiliö on täynnä tai laskeumasäiliön pinta laskee alle tyhjennysalueen.

Kolmannessa vaiheessa logiikka toteaa hienosuodatussäiliön olevan täynnä ja suodattimien olevan kunnossa. Alkaa hienosuodatuskierto, jolloin öljyanalysaattori aloittaa mitaamisen ja kahden tunnin ajastin käynnistyy. Ajastimella varmistetaan, että koko öljymäärä on kiertänyt useita kertoja suodatuksen läpi. Kun logiikka saa tiedot kiertoajan täyttymisestä ja siitä, että öljynpuhtaus ja suhteellinen kosteus ovat kunnossa, pysähtyy hienosuodatuskierto. Lopuksi järjestelmä varmistaa, että koekäytön säiliössä on kapasiteettia ja öljyn siirto takaisin koekäytön tarpeisiin voi alkaa.

Automaattitoiminnon lisäksi järjestelmää pystytään ajamaan käsi käyttöisesti, jolloin kaikki automaattitoiminnot ohitetaan, pois lukien ylitäyttöjen ehdot. Kun manuaalitoiminto on aktiivinen, koneen pumppuja ohjataan paneelissa olevan käsi käyttö-välilehden

kautta. Järjestelmästä kerätään lämpötilatietoja pinnankorkeuksien lisäksi, jolloin paneelilla voidaan simuloida tapahtumia reaaliaikaisesti. Kaikki hälytykset välitetään paneelin näytölle. Logiikka myös laskee talteen otetun öljyn määrän viimeisen siirtopumpun käyntiaikaan perustuen ja ilmoittaa vuosihuollon tarpeesta.

#### 6.4.2 Komponenttivalinnat ja ohjelma

Järjestelmää ohjaava logiikka tarvitsee kahdeksan kappaletta digitaalisia tuloja, neljä kappaletta analogisia tuloja ja kuusi kappaletta digitaalisia lähtöjä. Lähtöjen tehon ei tarvitse olla suuri, sillä niillä ohjataan releitä. Lisäksi tarvitaan paneeli, jolla visualisoidaan toimintoja ja ilmaistaan hälytystiedot.

Masteriksi tehtävään valikoitui IFM CR0451 (kuva 10), jossa on 2,8” näyttö. Resoluutio on 320x240 pikseliä ja väriskaala kahdeksan bittiä. Näytössä on neljä ohjelmoitavaa toimintonäppäintä. Lisäksi valikossa on liikkumista varten nuolinäppäimistö ja ok- näppäin tehtävien kuittaamista varten. Ohjelman sallittu koko on 512 kByte.



Kuva 10 (System manual, basic display 2015) IFM CR0451 paneeli

Järjestelmän ohjelma on kohtuullisen kevytrakenteinen, jolloin näytön kapasiteetti riittää hyvin. Koko ohjelma kirjoitetaan näytön muistille.

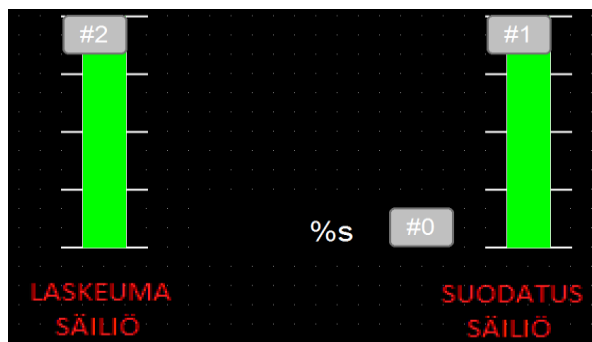


Näyttö kommunikoi CAN-väylällä slaven eli IFM CR0403 (kuva 11) logiikan kanssa, jossa on neljä kappaletta analogisia tuloja, kahdeksan kappaletta digitaalisia tuloja ja 12 kappaletta digitaalisia lähtöjä. Toisin sanoen slave on tiedonvälityskappale masterin ja järjestelmän välillä.



Kuva 12 (System manual, basic controller 2015) IFM CR0403 logiikka

IFM tuoteperheen komponentit valittiin hinta-/laatusuhde huomioiden ja perustuen aikaisempiin hyviin kokemuksiin valmistajan tuotteista. Myös tuotteisiin liittyvät liitännäiset ja ohjeet ovat selkeästi saatavilla yrityksen kotisivuilta, mikä helpottaa suunnittelutyötä. IFM kotisivut ovat hyvin toteutetut, ohjelmarungon suunnittelu on valmis, mutta lopullinen toteutus tapahtuu myöhemmin. Liitteessä on kuvattuna ohjelman runkotoiminnot, joiden lisäksi on ohjelmoitava ja visualisoitava tukitoiminnot (liite 6). Havainne pinnan seuranta grafiikasta on kuvassa 13.



Kuva 13 Paneelin pinnankorkeusnäkyvä

## 7 POHDINTA

Suunnittelun tuloksena on järjestelmä, jolla pystytään vähentämään työntekijöiden työkuormaa ja säästämään öljyn kulutuksen tuomia kustannuksia. Järjestelmä tuo toteutukseen varmuutta laadunvalvontaan ja riskitilanteiden hallintaan.

Laajan suunnittelukokonaisuuden hallinnassa auttoi selkeä jaksottaminen hydrauliiikan suunnitteluun, rautarakennesuunnitteluun ja lopuksi automaattiosuunnitteluun. Aikataulu venyi hieman suunniteltua pidemmäksi. Siksi onkin tärkeää tehdä projekteille selkeät alkuasetelmat ja rajaukset. Työn viimeistely, toteuttaminen ja seuranta jäivät opinnäytetyön ulkopuolelle. Lempäälän toimipisteen tuotantopäällikkö Sami Konsala uskoo järjestelmällä saavutettavan hyviä tuloksia.

Eniten työtä vaati logiikan ohjelmointi, sillä logiikka ja ohjelmointialusta eivät olleet tuttuja ennestään. Kokonaisuutena projekti oli haastava ja mielenkiintoinen, ja antoi hyvät valmiudet työskentelylle insinöörinä.

Koekäytön kehityskohteita jatkossa ovat pneumaattisesti tai sähköisesti sulkeutuvat perhosventtiilit. Niillä saataisiin rajattua suuret säiliöt erilleen toisistaan aina kun alueella ei työskennellä. Myös koneiden etäkäytettävät käynnistyspaneelit toisivat lisää työturvallisuutta.

Kiitän avusta suunnittelija Timo Lehtimäkeä, joka auttoi rautarakenteiden suunnittelussa ja suunnittelija Kalle Lehtisaloa, joka auttoi logiikan valinnassa ja ohjelmoinnissa. Haluan myös kiittää Vaissi Varkilaa, joka auttoi raportin tarkistamisessa. Lisäksi haluan kiittää koko tuotantoa joustavuudesta ja tuesta projektin aikana, sekä kaikkia jotka käyttivät aikaansa opinnäytetyöni tukemiseen.

## LÄHTEET

Teollisuus- & mobilehydrauliikka 1 perusteet, AEL versio 1.2 n.d

Metropolia wiki. Hydraulinesteet. Luettu 17.1.2016

<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/6.+Hydraulinesteet>

Teollisuusvoitelu, Kunnossapidon julkaisusarja-n:o 8. 2013

Fonselius, J. 1993. Hydrauliikka

Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2013. Hydraulitekniikka

ISO16889:2008. Hydraulic fluid power- Filters-Multi-pass method for evaluating filtration performance of a filter element. 4.4.2016. International Organization for Standardization

[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=44870](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44870)

NAS 1638. Particle sizing systems. 3.3.2016. National Aerospace Standards

[http://www.aia-aerospace.org/national\\_aerospace\\_standards/](http://www.aia-aerospace.org/national_aerospace_standards/)

ISO 4406:1999. Hydraulic fluid power-Fluids-Method for coding the level of contamination by solid particles. 2.2.2016. International Organization for Standardization

[http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=21463](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=21463)

Can in automation. Luettu 20.1.2016

<http://www.can-cia.org/>

Codesys

<https://www.codesys.com/>

User manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3 2004. Luettu 1.4.2016

System manual, basic controller 2015. IFM. Luettu 2.4.2016

System manual, basic display 2015. IFM. Luettu 2.4.2016

Vickers putkistonmitoitustyökalu

[www.vickers.com](http://www.vickers.com)

## LIITTEET

### Liite 1. Kannattavuuslaskelma

Vuosittainen öljynkulutus vaihtelee suhteellisen paljon ja yhteys tilauskantaan on selvästi nähtävissä.

Kolmen vuoden karkea keskiarvo tilatulle öljylle on noin 10000litraa, määrästä noin 50 % päätyy jäteöljyksi. Tästä määrästä 80 % on uudelleen käytettävissä.

Vuodessa on mahdollista säästää noin 4000 litraa öljyä, jonka rahallinen arvo on noin 6000€

Koekäyttöalueiden puhdistukseen vuodessa käytettävä aika on noin 65 tuntia. Uudet altaat ja talteenottojärjestelmä pudottavat huoltotarvetta noin 75 %.

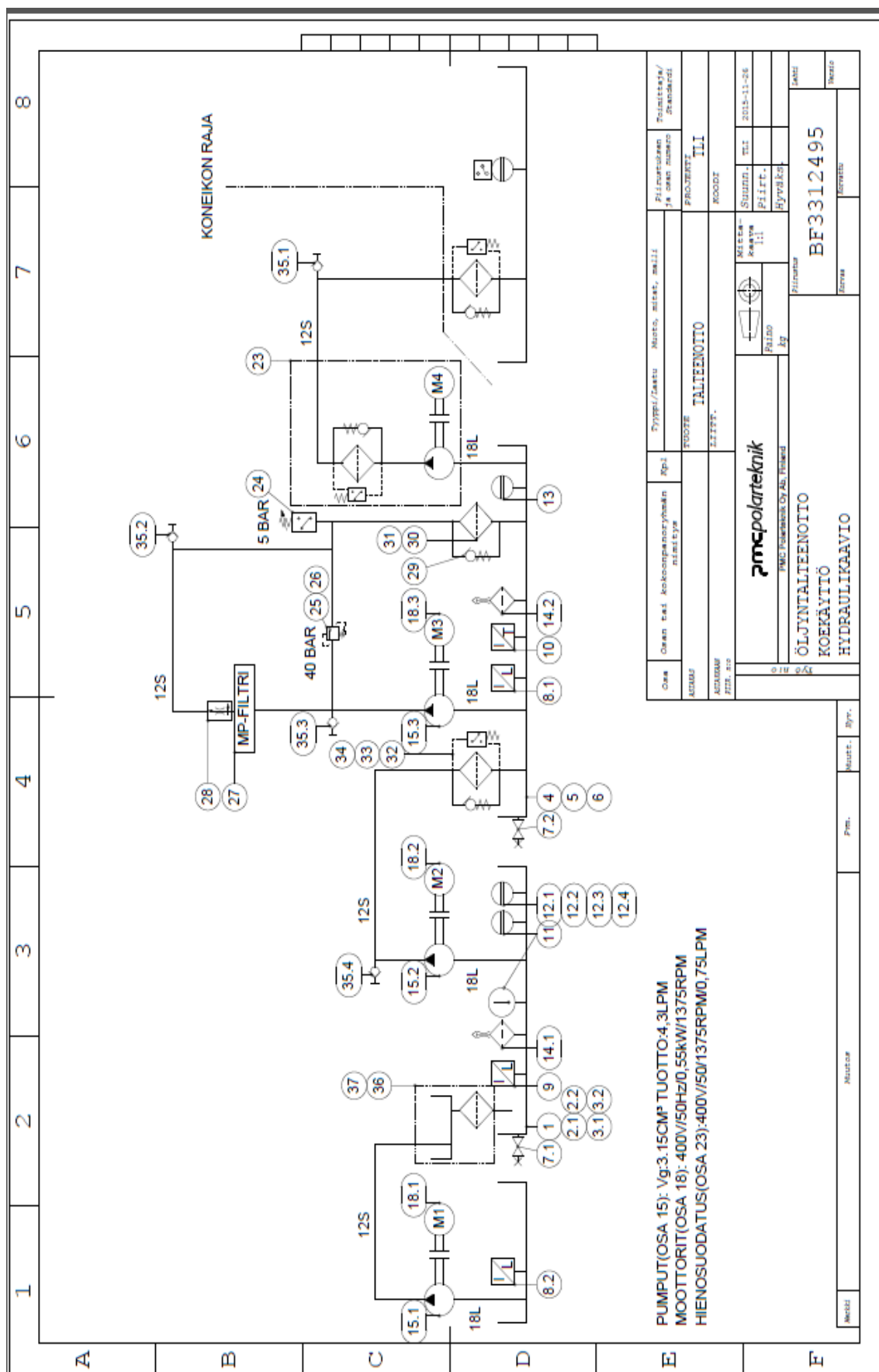
Vuodessa on mahdollista säästää noin 50 työtuntia, jonka rahallinen arvo on noin 2300€

Kertakuluerien lisäksi talteenottojärjestelmän suodattimiin kuluu vuodessa noin 6000€

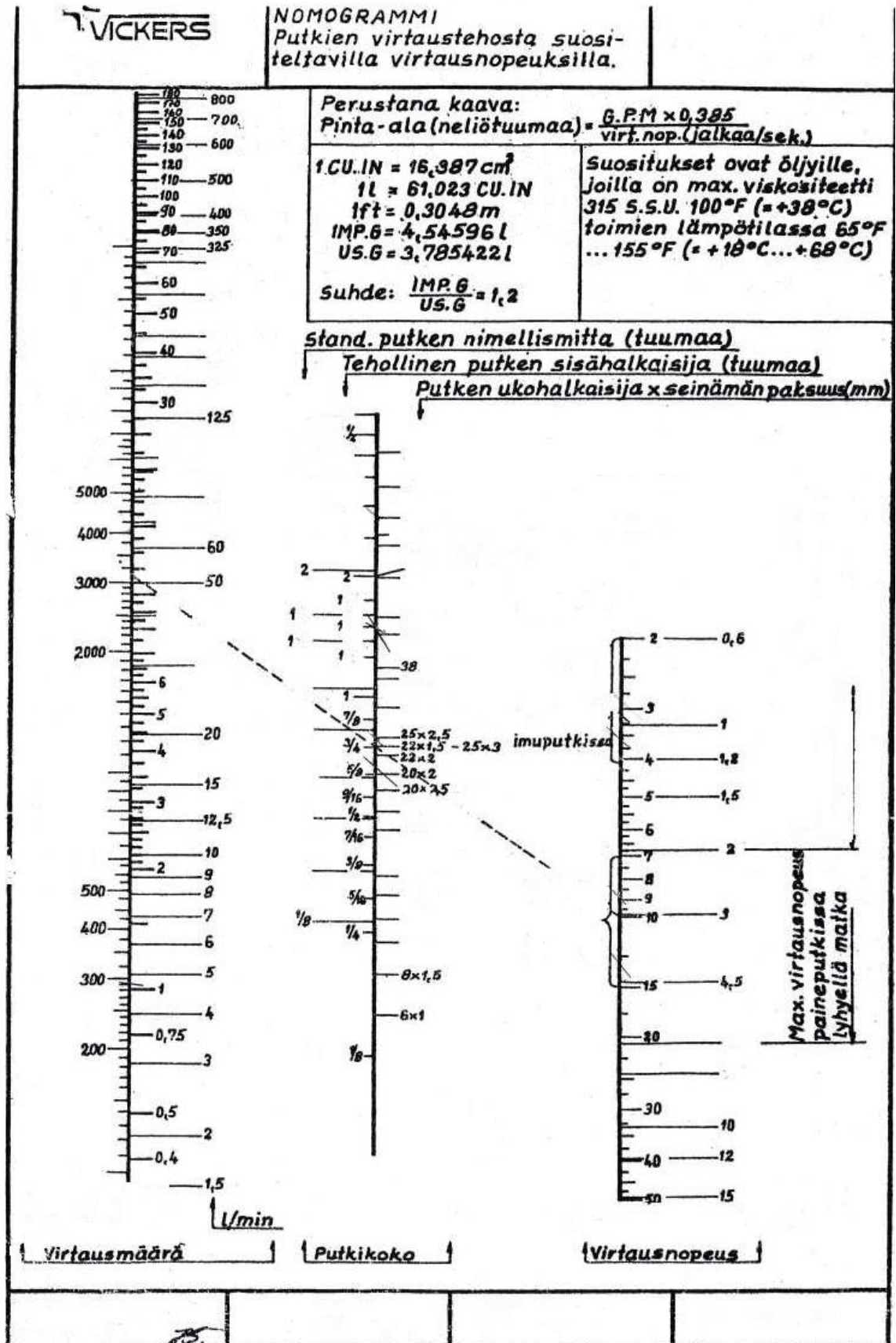
Vuosittaiseksi säästökseksi muodostuu noin 7700€

Huoltokatkoilla on epäsuoria vaikutuksia myös muuhun tuotantoon, jolloin järjestelmästä muodostuva todellinen hyöty on todennäköisesti suurempi kuin pystytään mittaamaan.

## Liite 2. Hydraulikaavio



## Liite 3. Vickers-valintalomake



## Liite 4. Osaluettelo

PMc POLARTEKNIK		OSALUETTELO			SIVU 1/1
		SUUNNITELUA:	TYÖNUMERO:	OSALUETTELO NUMERO:	
PMC Polarteknik Oy Ab, Suomi		TLI	PD0045073	BF3312495PL	
ÖLJYNTALTEENOTTO		PVM:	LIITTY:	KAAVIO NUMERO:	
		26.11.2015		BF3312495HD	
		ASIAKAS:			
		KOEKÄYTTÖ KORKEAPUOLI			
OSA:	KPL:	NIMIKE:	KUVAUS:	VALMISTAJA:	
1	1	TALTOT_KOKPANO	LASKEUMASÄILIÖ	ROLEMET	
2	2	49952214100475	SE-475 HUOLTOLUUKKU	KTR	
3	2	49952214000393	G393N HUOLTOLUUKUNTIIVISTE	KTR	
4	1	BF326773	80L SÄILIÖ AISI	ROLEMET	
5	1	49952214100350	SE-350 HUOLTOLUUKKU PIENI	KTR	
6	1	49952214000268	G268N HUOLTOLUUKUNTIIVISTE	KTR	
7	2	5F000242	PH45020 LVI HANA "3/4"	ARES	
8	2	IFMLK3122	LK3122 PINTA-ANTURI	IFM	
9	1	IFMLK3124	LK3124 PINTA-ANTURI	IFM	
10	1	IFMTA3437	TA3437 LAMPÖANTURI	IFM	
11	1	18145213000600	LVA30TAPM12501 MITTALASI+LÄMPÄMITTARI	MP-FILTRI	
12	4	18145213000300	LVA30SAPM12501 MITTALASI	MP-FILTRI	
13	1	18145213000500	LVA20TAPM12501 PIENI MITTALASI	MP-FILTRI	
14	2	772.817.3	PI-0126-SM-L ILMANSUODATIN	MAHLE	
15	3	13221101005930	PLP10.3.1500-61E1-LBB/BA-N-EL-F5	CASAPPA	
16	3	41352211000108	RPA-1-12 IMULAIPPA	CASAPPA	
17	3	41352211000106	RPA-1-38 PAINELAIPPA	CASAPPA	
18	3	ABB3GAA082001-ADE	M2AA80A4.835.0.55kW,1375r/min,400D/690V	ABB	
19	3	MPLMC201MFS10045	LMC201MFS10045 PUMPUNKANNATIN	OMT	
20	3	41152101000483	ND48C MOOTTORINPUOLEN KYTKIN	OMT	
21	3	41152102048101	ND48PU1P PUMPUNPUOLEN KYTKIN	OMT	
22	3	41152100042000	R42 JOUSTOELEMENTTI	OMT	
23	1	S.KONSALA	LOPPUSUODATUS YKSIKKÖ		
24	1	18451003420552	DS-307-F-V2-55 PAINEKYTKIN 5-55 BAR	HYDROPA	
25	1	RDDA-LAN	RDDA-LAN PAINERAJOITUSVENTTIILI	SUN	
26	1	FAV	FAV PATRUUNAPESÄ	SUN	
27	1	ICM	ÖLJYANALYSAATTORI	MP-FILTRI	
28	1	ICM FLOWCONTROL	ICM LIITYVÄ PAINEKOMPENSOITU VIRTAVEN	MP-FILTRI	
29	1	14421120003500	VUC-12-5 BAR ZN VASTAVENTTIILI	WALVOIL S.P.A.	
30	1		SS103-H114 HENOSUODATIN	TRIPLE-R	
31	3		PATRUUNA	TRIPLE-R	
32	1	paluusuodatin			
33	1	indikaattori			
34	1	patruuna			
35	4	HT110067	2103-01-18.00 MITTAUSPIKALIITIN	HYDROTECHNIK	
36	1	TALTOT_KERUU	KERUULLASKOKOONPANO	ROLEMET	
37	1		SUODATIN PUSSI 150MY	COLLY COMPANY	





